

エッジコンピューティング環境におけるモビリティを考慮したストレージシステム

2019SE070 余語駿

指導教員：宮澤元

1 はじめに

Internet of Things (IoT) 機器の普及に伴い、それらがセンサで収集した大量のデータの処理をクラウドコンピューティング (クラウド) にオフロードするようになってきている。クラウドでこれらのデータ処理サービスを提供するコンテナはデータの処理や保存のためにストレージへのアクセスを必要とし、Ceph[1] などのクラウドストレージシステムが永続的なストレージとして利用されている。

一方、クラウドの負荷を低減するためにエッジコンピューティングの利用が広がっている。IoT 機器からネットワーク的に近い位置に配置されたエッジサーバと呼ばれる計算ノードを利用することで、クラウドの処理負荷を低減したりネットワークトラフィックを低減する効果がある。また、IoT 機器からのデータを低遅延で送信することもできるので、リアルタイム性の高いアプリケーションにも活用できる。

エッジサーバ上のコンテナがアクセスするストレージシステムとしてクラウドストレージシステムをそのまま用いることは問題がある。クラウド上のコンテナはどの計算ノードで動作しても同じようにストレージシステムを利用することができるが、エッジコンピューティングでは計算ノードのネットワーク上の位置によってストレージノードとの関係が変化する。IoT 機器に近い計算ノードがクラウドのストレージノードにアクセスする場合、通信レイテンシが大きくなり効率的なアクセスを行うことが出来ない。

このような問題を解決するために、エッジサーバが効率的なアクセスを行えるストレージノードにデータの複製が配置されやすくなるストレージシステムが提案されている [2]。しかし、サービス利用者の移動に応じてサービスを提供するコンテナが動作するエッジサーバが変化するような場合、データの複製の再配置が必要である。データの複製の再配置に必要な時間を考えるとストレージノード間でデータを移動させる手法は問題の解決に有効ではない。

本研究の目的は、サービス利用者が移動した場合でもサービスを提供するエッジサーバが必要なストレージデータに低遅延でアクセスできるようなストレージシステムを実現することである。

本稿ではデータの複製を利用してサービス利用者の移動に対応するストレージシステムを提案する。冗長性を確保するためにストレージシステムが保持しているデータの複製の中で、サービス利用者の位置に応じて適切なものを選択して利用する。データの複製の再配置を行うよりも既に配置されているデータの複製の中から適切なものを利用す

るほうが、コンテナが必要なストレージデータに短時間でアクセスが可能である。

本研究は以下の 2 点を研究課題とする。

- サービス利用者の位置に応じたストレージシステムのデータの複製の選択手法の提案
- エッジサーバとストレージノード間の通信レイテンシの差異によるファイルアクセス性能の変化の確認

2 研究の背景

本稿では Ceph の概要やエッジコンピューティング環境におけるストレージシステムの関連研究について述べる。

2.1 Ceph

Ceph とはオープンソースの分散ストレージシステムである。データをオブジェクトと呼ばれる単位に分割し複製するのでデータに冗長性を持たせることが可能である。Ceph の主なコンポーネントとして OSD と MON が存在する。OSD はストレージデバイスと 1 対 1 で対応しデータの読み書きを行う。MON は Ceph クラスタの管理を行う。Ceph クライアントはデータの配置先となる OSD を CRUSH アルゴリズム [3] と呼ばれる計算で求め、その OSD にアクセスすることでデータを読み書きする。

2.2 関連研究

榎本らはクライアント毎に適切なストレージリソースを利用できるストレージシステムの試作を行った [2]。クライアントからのアクセス頻度が高いエッジほどデータの複製が配置されやすくなることで、クライアントは低遅延で必要なストレージデータを利用できる。

3 提案手法

本稿ではデータの複製を利用してサービス利用者の移動に対応するストレージシステムを提案する。

3.1 ストレージシステムの構成

想定するストレージシステムの構成を図 1 に示す。サービス利用者はサービスを提供するエッジサーバに対して通信を行う。エッジサーバはストレージノードに対してデータの保存及び取り出しを行う。ストレージノードはエッジとクラウドに配置され、クラウドサーバはストレージノードの管理を行う。

3.2 ストレージシステムの動作

はじめにクラウドサーバがエッジサーバにストレージノードの配置情報を送信し、エッジサーバは CRUSH アル

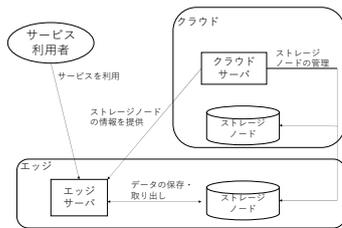


図1 想定するストレージシステムの構成

ゴリズムを用いてオブジェクト名とストレージノードの配置情報からオブジェクトがどのストレージノードに配置されているか調べる。

次にエッジサーバはオブジェクトが保存されたストレージノードとの通信レイテンシを測定しレイテンシ情報をエッジサーバに保存する。エッジサーバはレイテンシ情報を参照して最も通信レイテンシが小さいストレージノードを選択し配置されたオブジェクトを読み取る。

4 実験

エッジサーバとストレージノード間の通信レイテンシの差異により生じるコンテナのファイルアクセス性能の変化を確認するために実験を行った。

4.1 実験環境

提案したストレージシステムを実装した環境を再現するために図2のような Kubernetes クラスタを構築した [4]。Rook [5] を用いてストレージノード上に OSD と MON を起動して Ceph クラスタを構築し，Ceph クラスタを利用するサービスポッドをエッジサーバ上で起動した。利用した計算機の仕様を表1に示す。また tc コマンドでエッジサーバとクラウドノード間にレイテンシ (30ms) の制限をかけ，クラウドノードよりもエッジノードのほうがエッジサーバにネットワーク的に近い状況を再現した。

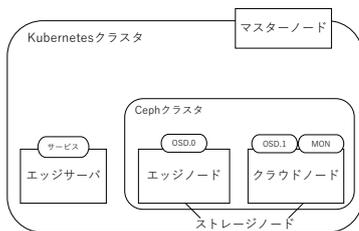


図2 実験環境の概要図

表1 利用した計算機の仕様

計算機	マスターノード	エッジサーバ	エッジノード	クラウドノード
CPU	Intel(R) Core(TM) i7-7700K CPU			
	@ 4.20GHz			
メモリ	32GB			
OS	Ubuntu 20.04.5 LTS			

4.2 実験内容

サービスポッドから Ceph クラスタに対してファイルの書き込みと読み込みを行う。ファイルは 4MB ごとにオブジェクトに分割され両方のストレージノードに複製される。ファイルサイズは 10MB, 100MB, 1000MB とし，以下の3通りの方法でファイルの書き込みと読み込みを行う。

- エッジノードのみにアクセスする (エッジのみ)
- クラウドノードのみにアクセスする (クラウドのみ)
- オブジェクト単位でいずれかのストレージノードにアクセスする (Ceph)

実験結果を表2に示す。エッジサーバとネットワーク的に近いエッジノードを利用した場合にサービスポッドのファイルアクセス性能が最も高いことがわかる。

表2 ファイルアクセス時間 (単位: 秒)

サイズ	エッジのみ		クラウドのみ		Ceph	
	読み	書き	読み	書き	読み	書き
10MB	0.72	1.30	1.23	2.03	1.07	1.81
100MB	2.26	5.19	3.27	6.83	2.68	6.44
1000MB	17.34	45.77	30.98	56.90	23.53	55.34

5 おわりに

本稿ではデータの複製を利用してサービス利用者の移動に対応するストレージシステムを提案した。提案手法の妥当性を確認するために，通信レイテンシの差異によるコンテナのファイルアクセス性能の変化を調べる実験を行った。結果としてエッジサーバとネットワーク的に近いストレージノードを利用した場合にファイルアクセス性能が最も高いことがわかった。

今後の課題として提案する選択手法を実装したストレージシステムで実験を行い提案手法の妥当性を確認する。

参考文献

- [1] S. A. Weil, et al., "Ceph: A Salable, High-Performance Distributed File System," in *Proceedings of the 7th Symposium on Operating Systems Design and Implementation*, pp.307-320, 2006.
- [2] 榎本國雄 他:『フォグコンピューティングにおけるストレージシステムの試作』. 2017 年度南山大学理工学部卒業論文.
- [3] S. A. Weil, et al., "CRUSH: Controlled, Scalable, Decentralized Placement of Replicated Data," in *Proceedings of the 2006 ACM/IEEE Conference on Supercomputing*, 2006.
- [4] Kubernetes, <https://kubernetes.io/>, accessed on Jan. 14, 2023.
- [5] ROOK, <https://rook.io/>, accessed on Jan. 14, 2023.